

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/3205 21/90		B 7514-4M 7514-4M 7514-4M 7514-4M	H 0 1 L 21/ 88	B N K
			審査請求 未請求 請求項の数 7	O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平5-113424
(22)出願日 平成 5 年(1993) 5 月14日

(71)出願人 000001258
川崎製鉄株式会社
兵庫県神戸市中央区北本町通 1 丁目 1 番28
号
(72)発明者 山本 浩
千葉県千葉市中央区川崎町 1 番地 川崎製
鉄株式会社技術研究本部内
(72)発明者 竹安 伸行
千葉県千葉市中央区川崎町 1 番地 川崎製
鉄株式会社技術研究本部内
(74)代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外 3 名)

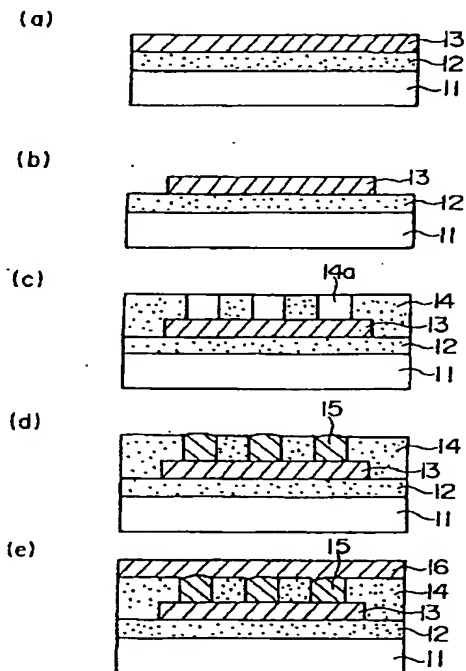
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 多層配線構造およびその形成方法

(57)【要約】

【目的】 上層配線金属膜の被覆性がよく、埋込プラグのEM耐性の良好な多層配線構造およびその形成方法を提供する。

【構成】 Si基板11上に下地絶縁膜12が形成され、さらに下層配線金属膜13が形成される。この下層配線金属膜13は、Tiを0.15wt%の濃度を含み、Cuを0.1wt%の濃度を含むAl金属からなる。従って、下層配線金属膜13の平均結晶粒径はビア孔14aの孔径の1/3以下に設定される。次に、下層配線金属膜13上に層間絶縁膜14が形成され、続いてビア孔14aが形成される。次に、ビア孔14aの底面に露出する下層配線金属膜13の表面に金属膜が選択堆積され、埋込プラグ15が形成される。次に、層間絶縁膜14および埋込プラグ15上に上層配線金属膜16が形成される。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 下層配線金属膜と、この下層配線金属膜上に形成されビア孔が開口した層間絶縁膜と、この層間絶縁膜上に形成され前記ビア孔に埋め込まれたプラグによって前記下層配線金属膜に電氣的に接触した上層配線金属膜とを備えた多層配線構造において、前記下層配線金属膜の平均結晶粒径は、前記ビア孔径の $1/3$ 以下に設定されていることを特徴とする多層配線構造。

【請求項2】 前記下層配線金属膜がAl金属に包晶型添加物を含んで形成され、前記下層配線金属膜の平均結晶粒径が前記ビア孔径の $1/3$ 以下に設定されていることを特徴とする請求項1記載の多層配線構造。

【請求項3】 包晶型添加物はTiまたはScであることを特徴とする請求項2記載の多層配線構造。

【請求項4】 下層配線金属膜と、この下層配線金属膜上に形成されビア孔が開口した層間絶縁膜と、この層間絶縁膜上に形成され前記ビア孔に埋め込まれたプラグによって前記下層配線金属膜に電氣的に接触した上層配線金属膜とを備えた多層配線構造において、前記下層配線金属膜は、前記埋込プラグとの接触面に膜厚の薄い金属膜が形成された構造をしていることを特徴とする多層配線構造。

【請求項5】 所定厚さに配線金属膜を形成しこの形成を一旦停止して前記配線金属膜の表面を酸化した後、薄い金属膜を形成して下層配線金属膜を形成する工程と、この下層配線金属膜上に層間絶縁膜を形成してこの層間絶縁膜にビア孔を開口する工程と、このビア孔に埋込プラグを形成する工程と、前記層間絶縁膜上に上層配線金属膜を形成する工程とを備え、請求項4記載の多層配線構造を形成することを特徴とする多層配線構造の形成方法。

【請求項6】 下層配線金属膜と、この下層配線金属膜上に形成されビア孔が開口した層間絶縁膜と、この層間絶縁膜上に形成され前記ビア孔に埋め込まれたプラグによって前記下層配線金属膜に電氣的に接触した上層配線金属膜とを備えた多層配線構造において、前記下層配線金属膜は、前記埋込プラグとの接触面が非晶質化した構造をしていることを特徴とする多層配線構造。

【請求項7】 下層配線金属膜を形成する工程と、この下層配線金属膜上に層間絶縁膜を形成してこの層間絶縁膜にビア孔を開口する工程と、高速イオン照射を行って前記ビア孔に露出する前記下層配線金属膜の表面を非晶質化する工程と、非晶質化したこの下層配線金属膜上にプラグを形成して前記ビア孔を埋め込む工程と、前記層間絶縁膜上に上層配線金属膜を形成する工程とを備え、請求項6記載の多層配線構造を形成することを特徴とする多層配線構造の形成方法。

【発明の詳細な説明】

2

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、金属膜が一部露出するビア孔に埋込プラグが形成されて配線金属膜間の電氣的接触がとられる多層配線構造およびその形成方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体装置の多層配線構造において、多層に積み重ねられる各配線金属膜間を電氣的に接続するため、埋込プラグが形成される。この埋込プラグは従来一般的に次のように形成されていた。つまり、図3に示すように、まず、Si基板1上の下地絶縁膜2上にアルミニウム銅(AlCu)からなる下層配線金属膜3が形成される。この下層配線金属膜3は例えば、0.5重量百分率(wt%)にCuを含むAlCuによって形成される。そして、この下層配線金属膜3が所定配線形状にパターニングされる。次に、この下層配線金属膜3上にSiO₂からなる層間絶縁膜4が積層され、この層間絶縁膜4の所定箇所にビア孔が開口される。次に、例えば特開平2-185026号公報に開示されたジメチルアルミニウムハイドライド(DMAH)を原料とする化学気相成長(CVD)法により、開口したこのビア孔にAl金属が選択堆積され、埋込プラグ5a~cが形成される。次に、層間絶縁膜4上にAlCuからなる上層配線金属膜6が形成される。この上層配線金属膜6は埋込プラグ5を介して下層配線金属膜3に電氣的に接続される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来の多層配線構造においては、ビア孔に形成される各プラグ5a~cの埋込高さにバラツキが生じ、均一な高さに各プラグ5a~cが得られなかった。このため、これら各プラグ5a~cおよび層間絶縁膜4上に形成される上層配線金属膜6に被覆不良が生じた。

【0004】 このように各プラグ5a~cの埋込高さが異なるのは次のように考えられる。つまり、Al配線金属膜は多結晶構造をしており、0.5wt%のCuを含むAlCuによって下層配線金属膜3が形成されると、この金属膜3を形成する各Al単結晶粒Gの結晶粒径は図に示すように大きくなる。このように大きなAl結晶粒径からなる下層配線金属膜3に接して埋込プラグ5が選択形成される場合、形成される埋込プラグ5の結晶粒方位は、ビア孔の底に露出する下層配線金属膜3中のAl粒の結晶方位によっては定まってしまう。従って、各ビア孔の底部に露出する下層配線金属膜3の各結晶粒Gの各結晶方位が異なれば、各ビア孔内に選択形成される埋込プラグ5a~cの各結晶粒方位もそれぞれ異なり、プラグ5a~cの各形状は異なって形成される。このため、各ビア孔への金属の埋め込みは不均一になり、各プラグ5a~cの埋込高さにバラツキが生じて上層配線金属膜6に被覆不良が生じる。

3

【0005】また、ビア孔に露出する下層配線金属膜3に2つの結晶粒Gがあり、ビア孔に結晶粒界が現れると、形成される埋込プラグは埋込プラグ5cのように2つの結晶粒により形成され、下層配線金属膜3と上層配線金属膜6とを結ぶ結晶粒界が形成される。このような結晶粒界が埋込プラグに形成されると、電流が流された時に結晶粒界を容易にAl原子が移動するため、エレクトロマイグレーション(EM)耐性が劣化してしまう。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明はこのような課題を解消するためになされたもので、下層配線金属膜と、この下層配線金属膜上に形成されビア孔が開いた層間絶縁膜と、この層間絶縁膜上に形成されビア孔に埋め込まれたプラグによって下層配線金属膜に電氣的に接触した上層配線金属膜とを備えた多層配線構造において、下層配線金属膜の平均結晶粒径はビア孔径の1/3以下に設定されていることを特徴とするものである。

【0007】また、下層配線金属膜がAl金属にTi、Sc等の包晶型添加物を含んで形成され、下層配線金属膜の平均結晶粒径がビア孔径の1/3以下に設定されていることを特徴とするものである。

【0008】また、下層配線金属膜が、埋込プラグとの接触面に膜厚の薄い金属膜が形成された構造をしていることを特徴とするものである。

【0009】また、下層配線金属膜が、埋込プラグとの接触面が非晶質化した構造をしていることを特徴とするものである。

【0010】

【作用】下層配線金属膜の平均結晶粒径がビア孔径の1/3以下に設定されることにより、埋込プラグが実質的に単一の方位の結晶粒によって形成され、プラグ形状が一定になることが実験により確認された。つまり、ビア孔の底面に露出する下層配線金属膜を形成する各結晶粒は様々な方位を向き、この金属膜表面に選択形成されるAl金属も堆積工程の初期においては様々な方位を向く多数の結晶粒によって形成される。この粒は堆積の進行にしたがってエネルギー的に有利な方位を向く粒に吸収され、単一の粒に合体する。従って、埋込プラグを形成する各結晶粒の方位は、ビア孔の底面に露出する下層配線金属膜の影響を受けず、Al金属粒自体のエネルギーによって単一に決定される。この結果、各ビア孔へのプラグの埋め込みは均一に行われる。

【0011】また、下層配線金属膜が、埋込プラグとの接触面に膜厚の薄い金属膜が形成された構造をしている場合、この薄い金属膜を形成する結晶粒の大きさは限られたものになる。従って、ビア孔に露出する下層配線金属膜にはやはり多数の結晶粒が現れる。従って、上記の場合と同様に、この金属膜表面に形成される埋込プラグの方位も下層配線金属膜の影響を受けなくなる。この

4

結果、各ビア孔へのプラグの埋め込みは均一に行われる。

【0012】なお、埋込プラグの堆積過程での結晶粒の合体はビア孔の深さと径との比が大きいほど顕著に生じ、ビア孔径に対する深さの比が2以上の場合に特に良好な結果が得られる。

【0013】また、下層配線金属膜が、埋込プラグとの接触面が非晶質化した構造をしていると、この金属膜表面には単結晶粒による方向性が現れない。従って、ビア孔に露出するこの金属膜表面上に選択形成される埋込プラグは下地となる下層配線金属膜の影響を受けず、各ビア孔へのプラグの埋め込みは均一に行われる。

【0014】

【実施例】図1は本発明の第1の実施例による多層配線構造の形成方法を示す工程断面図である。

【0015】まず、Si基板11上にSiO₂からなる下地絶縁膜12が形成され、この下地絶縁膜12上に下層配線金属膜13がスパッタ法により堆積される(図1(a)参照)。この下層配線金属膜13は包晶型添加物であるTiを0.15wt%の濃度に含むAl金属からなり、さらに、0.1wt%の濃度にCuを含んでいる。この下層配線金属膜13はリソグラフィ技術を用いて所定形状にパターニングされる(同図(b)参照)。

【0016】次に、パターニングされた下層配線金属膜13上にSiO₂からなる層間絶縁膜14が形成され、この層間絶縁膜14上にホトレジストが塗布される。このホトレジストはリソグラフィ技術を用いて所定形状にパターニングされる。次に、パターニングされたこのホトレジストをマスクにエッチングが行われ、層間絶縁膜14が選択的に除去されて直径0.6μmのビア孔14aが形成される(同図(c)参照)。次に、基板表面に原料ガスとしてDMAHが流されることにより、ビア孔14aの底面に露出する下層配線金属膜13の表面にAl膜が化学気相成長される。この選択CVDにより、各ビア孔14aにプラグ15が埋め込まれる。

【0017】なお、DMAHの他に使用可能な有機Al化合物としては、トリメチルアミンアラン、ジメチルエチルアミンアラン、トリエチルアミンアラン、トリイソブチルアルミニウム、トリメチルアルミニウム、およびDMAHとトリメチルアルミニウムとの分子間化合物などがある。また、この選択CVD時に、シクロペンタジエニル・トリエチルフォスフィン銅等の銅を含むガスを同時に供給してAl-Cu合金を選択堆積させることや、その他のアルミ膜質改善に有効な不純物を含むガスを同時に供給してAl-Ti、Al-SiおよびAl-Sc等の合金を選択堆積させることも可能である。

【0018】次に、層間絶縁膜14および埋込プラグ15上に、下層配線金属膜13と同様なAlTiCu合金からなる上層配線金属膜16がスパッタ法により形成される。

10

20

30

40

50

5

【0019】本実施例においては、下層配線金属膜13が所定濃度にTiを含んで形成されているため、下層配線金属膜13の平均結晶粒径は0.1~0.15 μ mであり、ビア孔14aの孔径0.6 μ mの1/3以下に設定されている。よって、ビア孔14aの底面に露出する下層配線金属膜13には多数のAl単結晶粒が現れ、このビア孔14aの底面に露出する下層配線金属膜13を形成する各結晶粒は様々な方位を向く。プラグ形成の下地となる下層配線金属膜13の金属膜表面がこのように様々な方位を向く結晶粒により形成されるため、この金属膜表面に選択形成される埋込プラグ15を形成する結晶粒の方位は、ビア孔14aの底面に露出する下層配線金属膜13の影響を受けず、エネルギー的に有利な方向に実質的に揃う。実験によれば、基板表面に対して(111)面が平行か、または $\pm 20^\circ$ 以内のずれを持つ粒の割合が90%以上であった。この結果、各ビア孔14aへのプラグ15の埋め込みは均一に行われ、従来のようにプラグ高さにバラツキが生じなくなり、層間絶縁膜14の表面は平坦になる。このため、この表面上に形成される上層配線金属膜16の被覆性は向上し、また、埋込プラグ15に下層配線金属膜13と上層配線金属膜16とを結ぶ結晶粒界が形成されることはなくなり、埋込プラグ15のEM耐性も改良される。

【0020】なお、上記実施例では下層配線金属膜13にTi添加したAl合金を用いたが、他の包晶型添加物、例えばスカンジウム(Sc)等を添加したAl合金を用いてもよく、上記実施例と同様な効果が奏される。

【0021】次に、本発明の第2の実施例による多層配線構造およびその形成方法を図2の工程断面図を用いて説明する。

【0022】本実施例の特徴は、下層配線金属膜の層間絶縁膜との接触面に膜厚の薄い金属膜が形成されている点にある。つまり、Si基板21上にSiO₂からなる下地絶縁膜22が形成され、この下地絶縁膜22上にAlCu合金からなる第1の配線金属膜23aがスパッタ法により形成される。そして、この金属膜が所定の厚さに達した時点で膜形成が一旦停止され、基板表面が短時間だけ大気に晒される。この結果、第1の配線金属膜23aの表面は酸化され、ごく薄い酸化アルミニウムが形成される。このような酸化アルミニウムは、大気に晒す方法以外に例えば酸素を含む雰囲気中に10mTorr~1Torrの圧力で晒すことによっても形成することが可能である。その後、この第1の配線金属膜23a上に第2の金属膜23bが薄く、例えば0.2 μ m以下の膜厚に形成され、第1の配線金属膜23aおよび第2の金属膜23bからなる下層配線金属膜23が形成される

(図2(a)参照)。次に、この下層配線金属膜23はリソグラフィ技術を用いて所定形状にパターニングされる(同図(b)参照)。

【0023】次に、パターニングされた下層配線金属膜

6

23上にSiO₂からなる層間絶縁膜24が形成され、この層間絶縁膜24がリソグラフィ技術を用いて選択的に除去され、直径0.6 μ mのビア孔24aが形成される(同図(c)参照)。次に、基板表面に原料ガスとして例えばDMAHが流されることにより、ビア孔24aの底面に露出する第2の金属膜23bの表面にAl金属膜が化学気相成長される。この選択CVDにより、各ビア孔24aにプラグ25が埋め込まれる。

【0024】次に、層間絶縁膜24および埋込プラグ25上に、AlCu合金からなる上層配線金属膜26がスパッタ法により形成される。

【0025】本実施例においては、埋込プラグ25に接触する下層配線金属膜23が膜厚0.2 μ m以下の薄い第2の金属膜23bによって形成された構造をしている。第2の金属膜23bに成長する結晶粒の大きさは、膜厚が0.2 μ m以下に薄く形成されることにより、平均0.2 μ m以下になる。従って、ビア孔24aに露出する第2の金属膜23bには上記実施例と同様に多数のAl単結晶粒が現れる。従って、この金属膜23bの表面に形成される埋込プラグ25を形成する結晶粒の方位は、下層配線金属膜23の影響を受けず、エネルギー的に有利な方向に実質的に揃う。この結果、各ビア孔24aへのプラグ25の埋め込みは均一に行われ、層間絶縁膜24の表面が平坦になって、上層配線金属膜26の被覆性は向上し、また、埋込プラグ25のEM耐性も改良される。

【0026】次に、本発明の第3の実施例による多層配線構造およびその形成方法について説明する。

【0027】本実施例の特徴は、下層配線金属膜の埋込プラグとの接触面が非晶質化した構造をしている点にある。つまり、Si基板上に下地絶縁膜が形成され、この下地絶縁膜上にAlCu合金からなる下層配線金属膜がスパッタ法により形成される。次に、この下層配線金属膜はリソグラフィ技術を用いて所定形状にパターニングされる。次に、パターニングされた下層配線金属膜上にSiO₂からなる層間絶縁膜が形成され、この層間絶縁膜がリソグラフィ技術を用いて選択的に除去され、ビア孔が形成される。次に、基板表面に高速イオン照射が行われ、ビア孔に露出する下層配線金属膜の表面が非晶質化される。次に、基板表面に原料ガスとして例えばDMAHが流されることにより、ビア孔の底面に露出する非晶質化されたこの下層配線金属膜の表面にAl金属膜が化学気相成長される。この選択CVDにより、ビア孔にプラグが埋め込まれる。そして、層間絶縁膜および埋込プラグ上に、AlCu合金からなる上層配線金属膜がスパッタ法により形成される。

【0028】本実施例においては、下層配線金属膜の埋込プラグとの接触面が非晶質化しているため、ビア孔に露出する下層配線金属膜表面には単結晶粒による方向性が現れない。従って、この金属膜表面上に選択形成さ

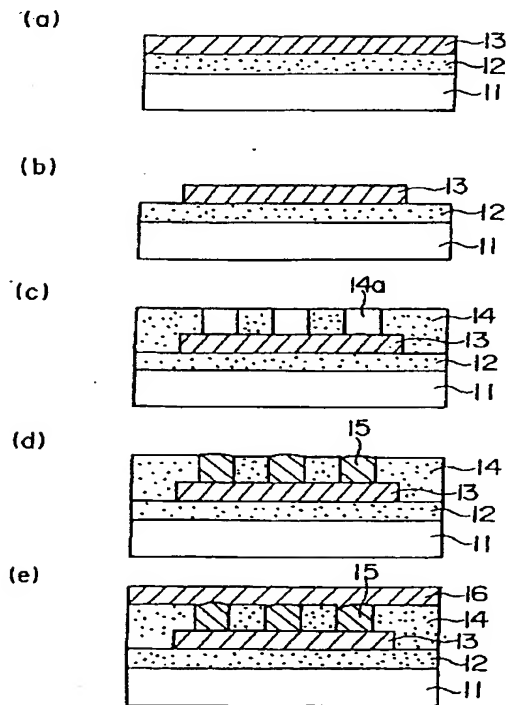
7

れる埋込プラグを形成する結晶粒の方位は、下地となる下層配線金属膜の影響を受けず、エネルギー的に有利な方向に実質的に揃う。このため、各ビア孔へのプラグの埋め込みは均一に行われる。この結果、本実施例によっても層間絶縁膜の表面は平坦になり、上層配線金属膜の被覆性は向上し、また、埋込プラグのEM耐性も改良される。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、下層配線金属膜の平均結晶粒径がビア孔径の $1/3$ 以下に設定されることにより、または、下層配線金属膜が、埋込プラグとの接触面に膜厚の薄い金属膜が形成された構造をしていることにより、ビア孔の底面に露出する下層配線金属膜には多数の結晶粒が現れる。このビア孔の底面に露出する下層配線金属膜を形成する各結晶粒は様々な方位を向き、この金属膜表面に選択形成される埋込プラグを形成する結晶粒の方位は、ビア孔の底面に露出する下層配線金属膜の影響を受けず、エネルギー的に有利な方向に実質的に揃う。この結果、各ビア孔へのプラグの埋め込みは均一に行われ、層間絶縁膜の表面が平坦になって上層配線金属膜の被覆性は向上し、また、埋込プラグに下層配線金属膜と上層配線金属膜とを結ぶ結晶粒界が形成されることがなくなって埋込プラグ*

【図1】



8

*のEM耐性も向上する。

【0030】また、下層配線金属膜が、埋込プラグとの接触面が非晶質化した構造をしていると、この金属膜表面には単結晶粒による方向性が現れない。従って、ビア孔に露出するこの金属膜表面上に選択形成される埋込プラグを形成する結晶粒の方位は、下地となる下層配線金属膜の影響を受けず、エネルギー的に有利な方向に実質的に揃い、各ビア孔へのプラグの埋め込みは均一に行われる。このため、上層配線金属膜の被覆性は向上し、また、埋込プラグのEM耐性も改良される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例による多層配線構造の形成方法を示す工程断面図である。

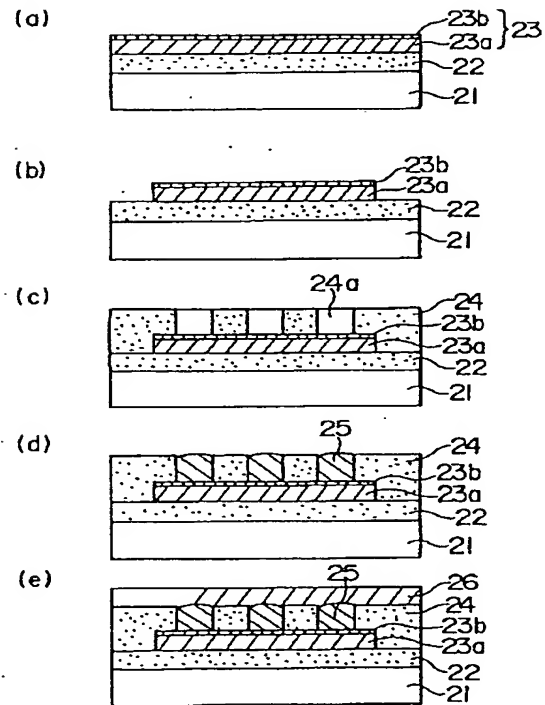
【図2】本発明の第2の実施例による多層配線構造の形成方法を示す工程断面図である。

【図3】従来の多層配線構造を示す断面図である。

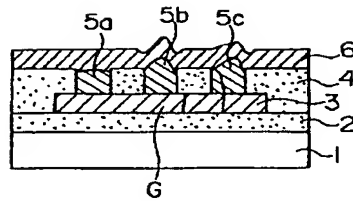
【符号の説明】

11、21…Si基板、12、22…下地絶縁膜(SiO₂)、13、23…下層配線金属膜、23a…第1の配線金属膜、23b…第2の金属膜、14、24…層間絶縁膜(SiO₂)、14a、24a…ビア孔、15、25…埋込プラグ、16、26…上層配線金属膜。

【図2】



【図 3】



フロントページの続き

(72)発明者 河野 有美子
千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製
鉄株式会社技術研究本部内

(72)発明者 太田 与洋
千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製
鉄株式会社技術研究本部内